

Norman Wagner*, Klaus Kupfer*, Carsten Rücker⁺, Hendrik Birnstiel⁺, Peter Geiling[#], Thomas Hohfeld[#]
 *Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar, Amalienstraße 13, 99423 Weimar
⁺Institut für Geophysik und Geologie der Universität Leipzig (IGG), Talstraße 35, 04103 Leipzig
[#]Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH (GGL), Bautzner Straße 67, 04347 Leipzig

Bestehende Deichanlagen in Deutschland, aber auch Bändernorten, zeichnen sich durch enorme Längserstreckung aus. Wesentliche Anteile dieser Bauwerke sind bereits viele Jahrzehnte alt und entsprechen aufgrund ihrer Bauweise und der verwendeten Materialien nicht den heute anerkannten Regeln der Technik [2]. Die Bewertung und Erhaltung des Altbestandes an Deichen bzw. der Neubau ganzer Deichanlagen ist ein langwieriges und kostspieliges Unterfangen. Mit dieser zeitlichen Perspektive und den sich verschärfenden meteorologischen Bedingungen mit all ihren Folgen für die Entstehung und den Verlauf von Hochwasserereignissen kommt der geotechnischen Bewertung von Altdeichen und der Prognose ihres Verhaltens bei zukünftigen Hochwasserereignissen eine herausragende Bedeutung zu [1, 4].

Problemstellung

In einem durch das BMBF geförderten Verbundforschungsprojekt der MFA an der Bauhaus Universität Weimar und der Abteilung Erddamm- und Deponiebau am Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Karlsruhe zur Bewertung der Standsicherheit von Altdeichen auf Basis eines Feuchtemonitorings mittels Time Domain Reflectometry (TDR, [4]) wurde im Vorfeld der eigentlichen Forschungsarbeiten der konkrete Aufbau eines Altdeiches durch eine Kombination geotechnischer und geophysikalischer Untersuchungen erkundet [3].

Inversionsverfahren

Die 2D und 3D Inversion der geoelektrischen Messdaten mit Berücksichtigung der Topographie erfolgte mit der Drei-Gitter-Inversion [5]. Die Umsetzung der geoelektrischen Ergebnisse in einem Baugrundschnitt wird von vielen Faktoren beeinflusst, wobei die Stahlspundwand hierbei die Widerstandsmessungen erheblich stört. In Höhe der Spundwand wurde ein markantes Widerstandsminimum und ca. 15 m davor und dahinter ein begleitendes Widerstandsmaximum auf allen drei Längsprofilen gemessen. Unter diesen Umständen kann im Einzugsbereich der Spundwand die konventionelle Widerstandsmessung unter Benutzung einer 2D-Inversion nicht für die Konstruktion von Baugrundschnitten verwendet werden (vgl. Abb. 3a). Damit können in diesem Bereich nur die Ergebnisse der geotechnischen Aufschlüsse zur Abbildung der Deichstruktur herangezogen werden.

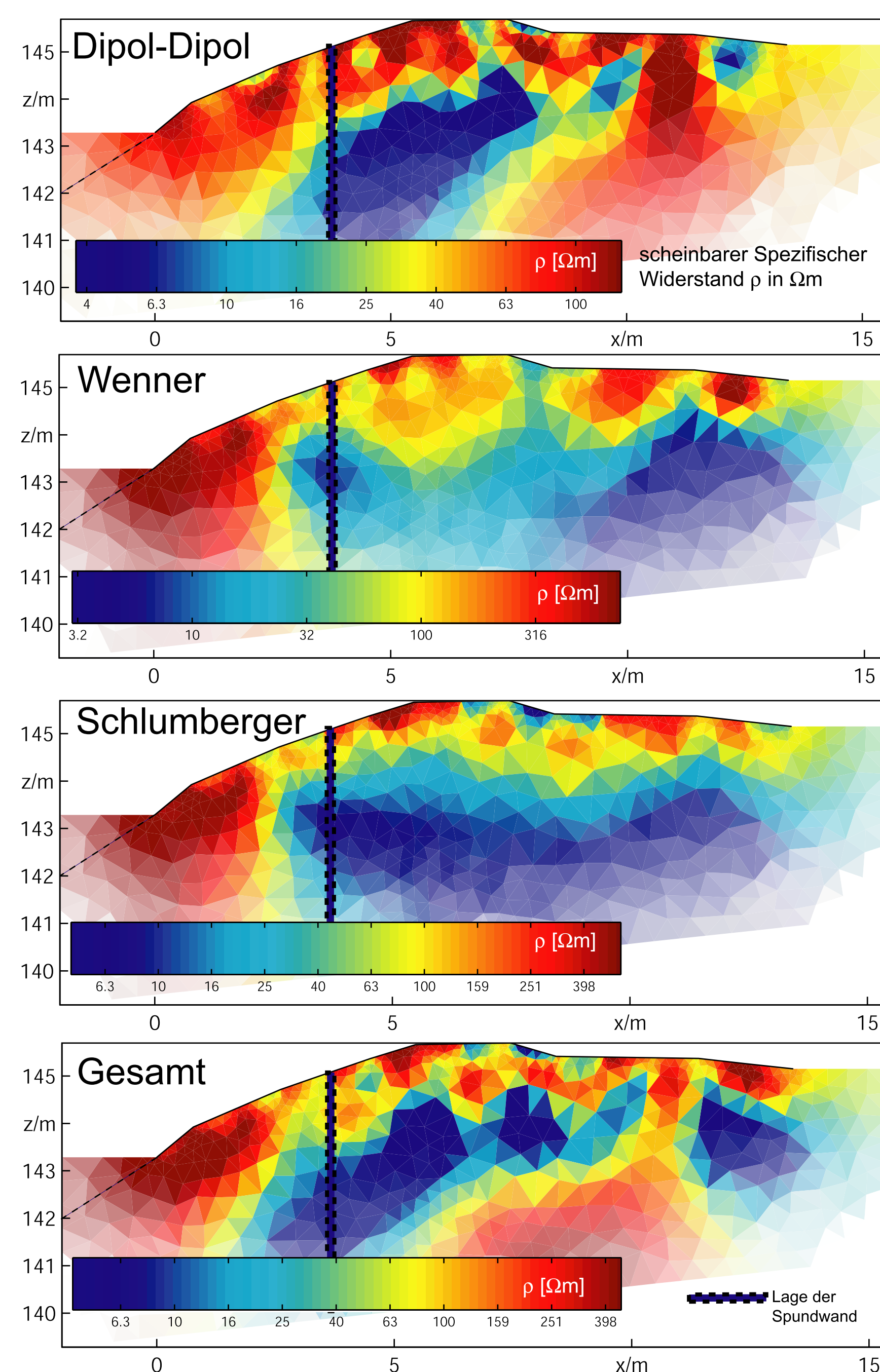


Abb. 3b: Ergebnisse der 2D Inversion des Querschnittes P2 (mit Spundwand) für die untersuchten Elektrodenkonfigurationen sowie unter Berücksichtigung aller Konfigurationen. Dipol-Dipol liefert das strukturierteste Bild, hat jedoch eine geringere Güte der Inversion.

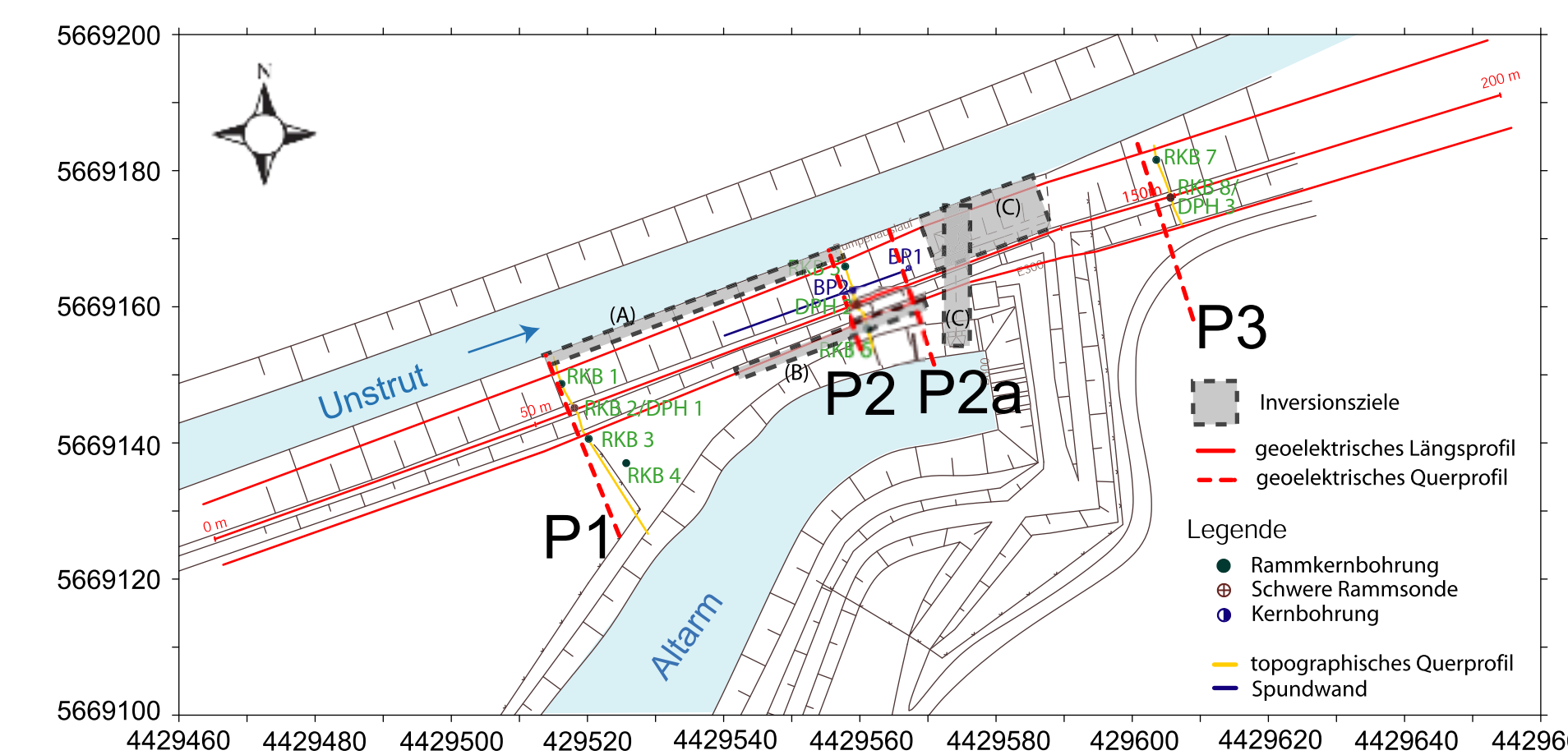
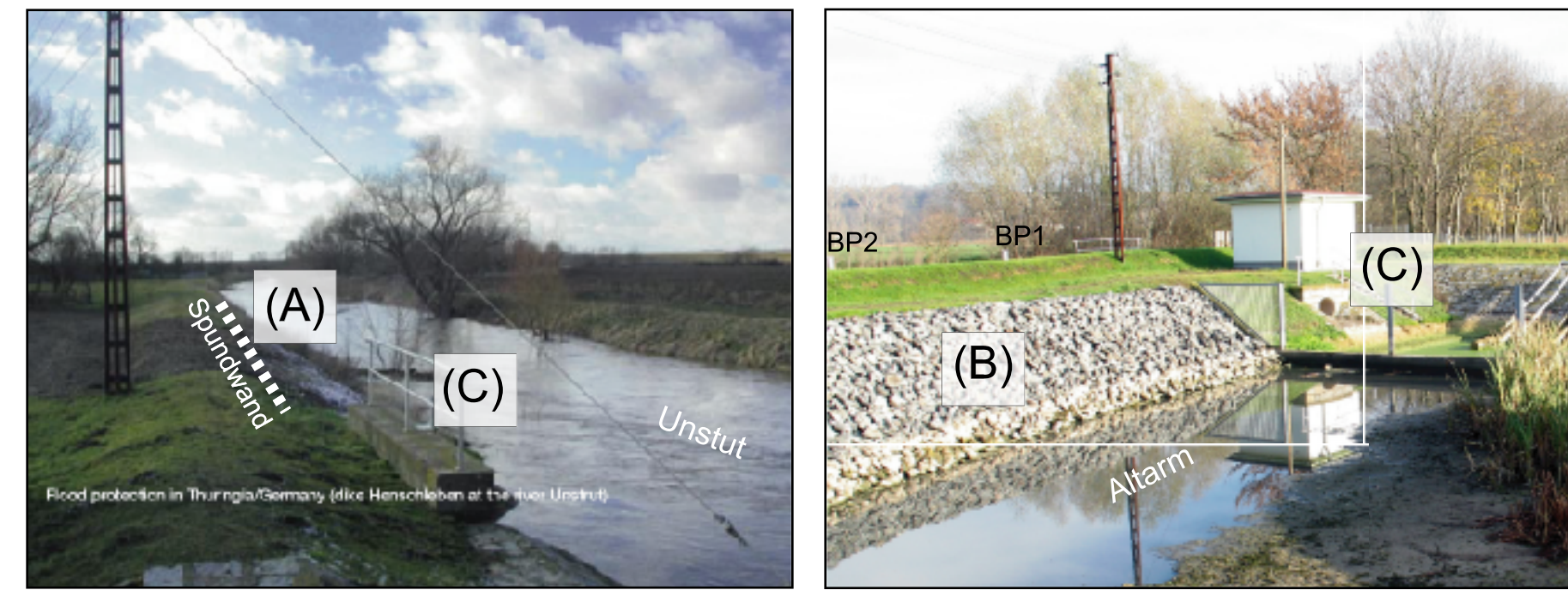


Abb. 1: Lageplan zu den geotechnischen und geoelektrischen Messungen. Inversionsziele: Spundwand, (A, B) Befestigung der wasserseitigen Böschung und der landseitigen Böschung im Bereich des Altarmes bzw. der Spundwand mit Schotter, (C) Sielleitung, Schichtgrenzen bis ca. 4m unter Deichoberkante.

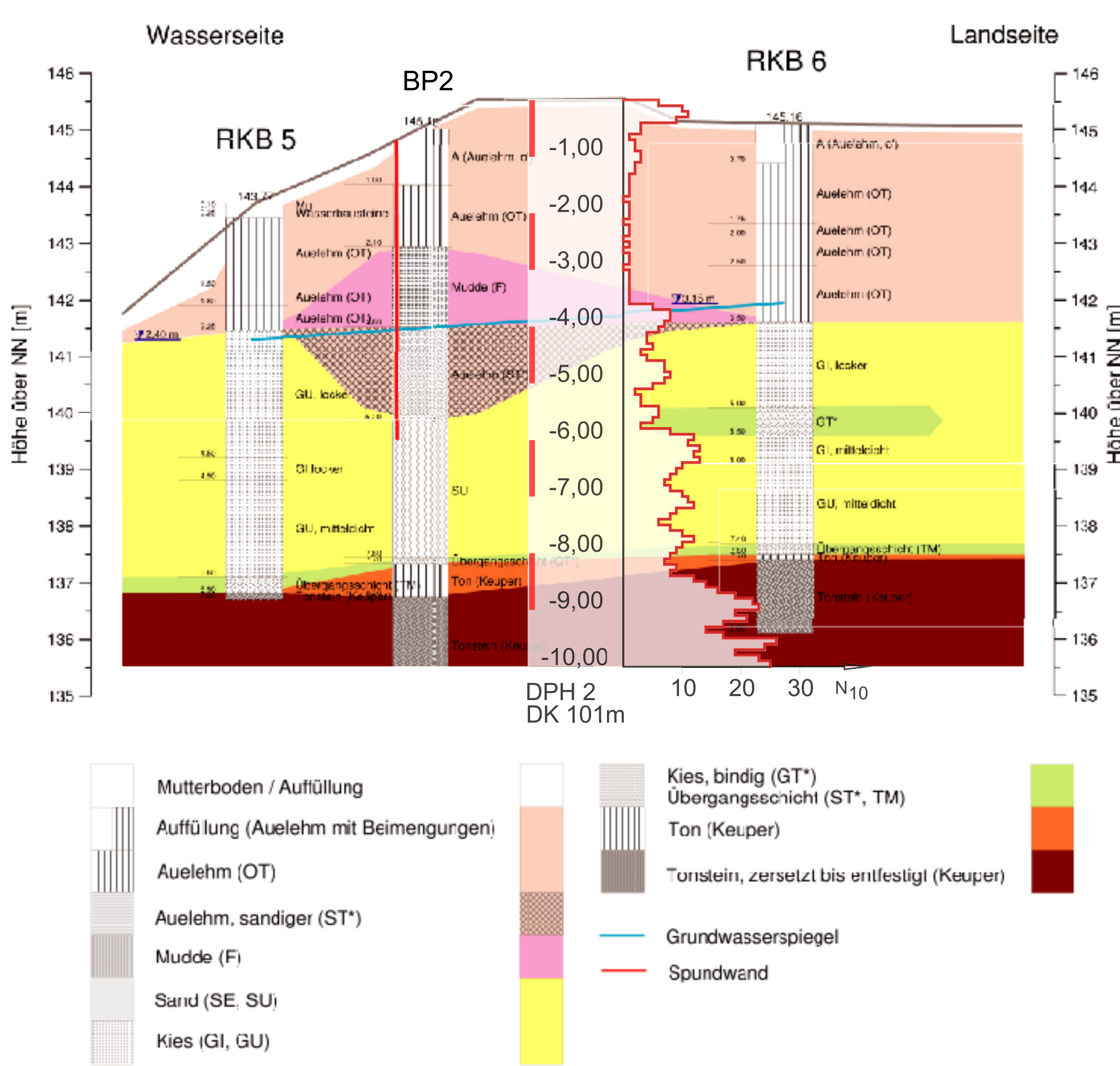


Abb. 2: Ergebnisse der geotechnischen, petrographischen und petrophysikalischen Untersuchungen am Beispiel des Deichquerschnittes P2 im Bereich der Spundwand.

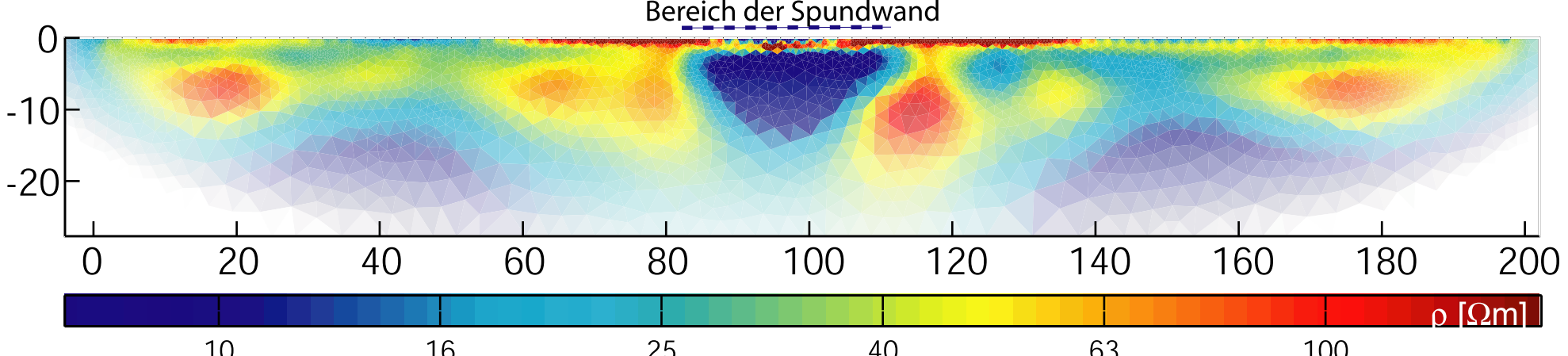


Abb. 3a: Ergebnis der 2D Inversion ("smoothness" $\lambda=20$) des 200m Längsschnittes auf der Deichkrone.

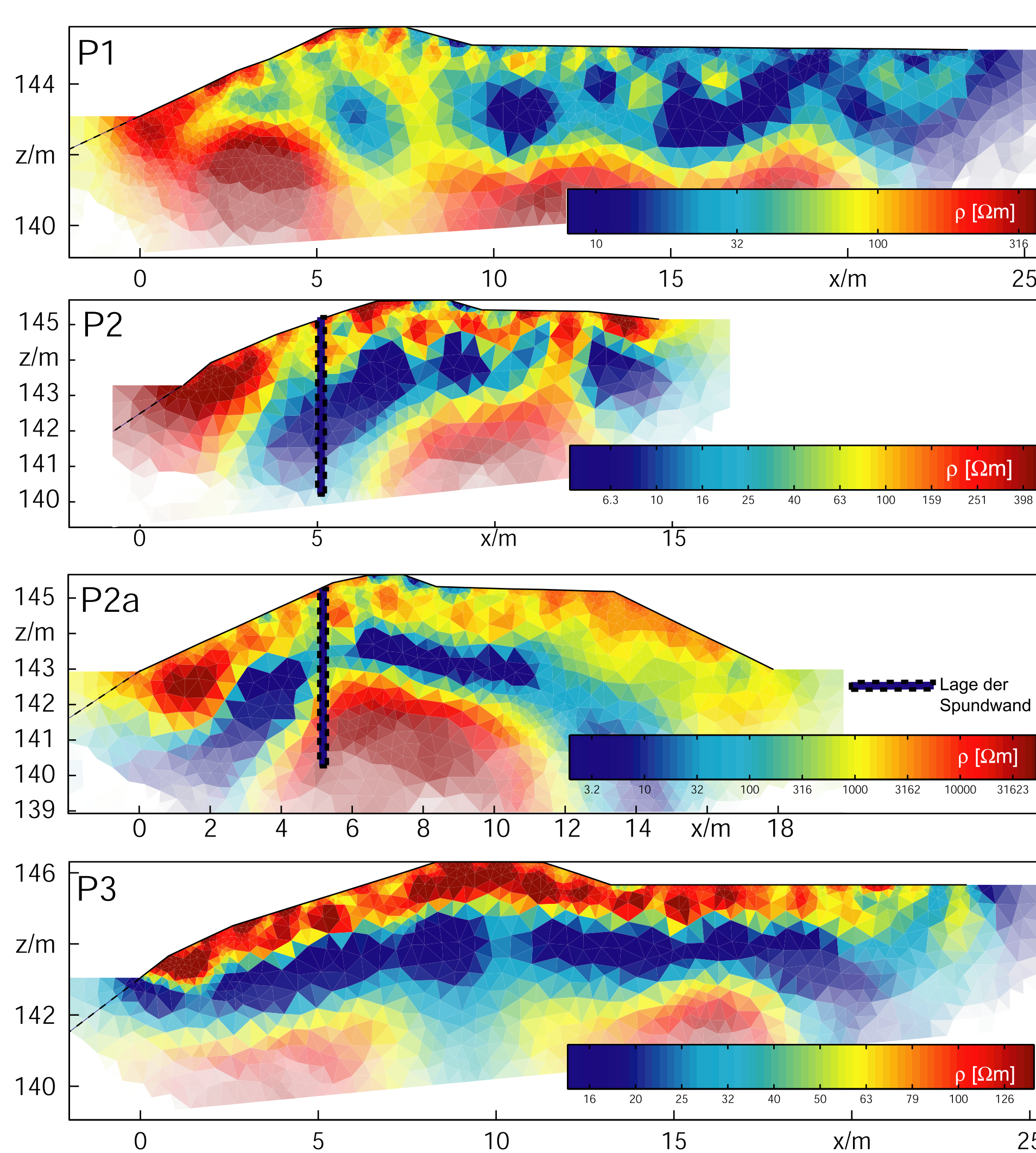


Abb. 4: Ergebnisse der 2D Inversion der untersuchten Querschnitte unter Einbeziehung der drei benutzten Elektrodenkonfigurationen.

Lage und Messmethodik

An einem Flussabschnitt der Unstrut an einem Schöpfwerk ca. 200m unterhalb des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt (Thüringer Becken, Bleicherode-Stadtrodaer Scholle) wurde ein ca. 200m Altdeichabschnitt mittels Gleichstromgeoelektrik untersucht, der im Bereich der wasserseitigen Böschung mit einer ca. 5m tiefen und 30m langen Stahlspundwand verstärkt ist (Abb. 1):

- a) drei 200m Längsprofile (wasser- und luftseitiger Deichfuß, Deichkrone), GGL-Leipzig
 - Wenner-Sondierungskartierungen
 - Elektrodenabstand 2m
 - Multi-Elektroden-System GMS 125, GeoSys Leipzig
- b) vier Querprofile, IGG-Leipzig
 - Konfigurationen: Dipol-Dipol, Wenner, Schlumberger
 - Elektrodenabstand 1m, GeoTom RES/IP

Geotechnische Untersuchungen

Zur Umsetzung der Ergebnisse der Widerstandsmessung in lithologische Aussagen wurden zehn direkte Aufschlüsse durch zwei Kernbohrungen ($d=100\text{mm}$) sowie acht Rammkernbohrungen ($d=60\text{mm}$) mit einer Tiefe von ca. 10m-15m unter der Deichkrone herangezogen. Um Angaben zur Lagerungsdichte der nichtbindigen Sedimente und zur Konsistenz der bindigen Sedimente zu erhalten, erfolgte im Bereich der Deichquerschnitte auf der Deichkrone je eine Sondierung mit einer schweren Rammsonde (DPH, GGL-GmbH Leipzig). Die Lage und Tiefe der Spundwand wurde mittels geomagnetischer Bohrlochmessungen (Bo-Ra-tec GmbH-Weimar) sowie mit einer konventionellen magnetischen Oberflächensonde bestimmt (vgl. Abb. 1 und 2).

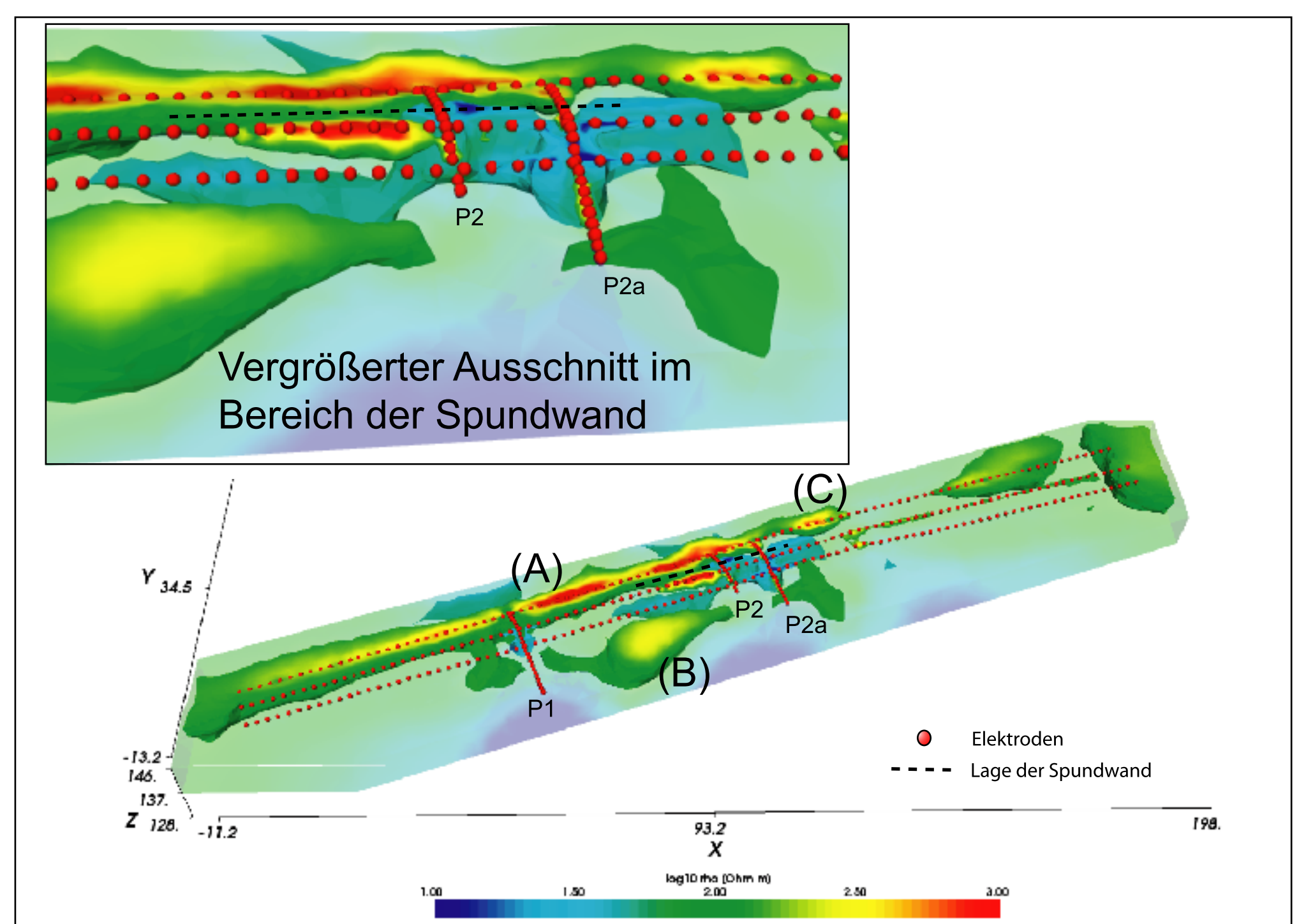


Abb. 5: Ergebnisse der 3D Inversion.

Fazit

Die 2D und 3D-Inversion erfasst vorhandene Befestigungen aus Schotter im Bereich der wasserseitigen sowie luftseitigen Böschung, die oberflächennah ein deutliches Widerstandsmaximum zeigen (A, B, vgl. Abb. 3b, 5). Mittels der 3D-Inversion wird die Lage einer Sielleitung (Wasserbausteine, C) und der Spundwand ohne markante Randeffecte abgebildet (Abb. 5). Die Einbeziehung der Sondierungen und Aufschlüsse sowie die genaue Lage und Größe der Störkörper erlaubt hierbei Aussagen zur Deichstruktur auch im sehr stark vom Spundwandeffekt überlagerten Bereich, aus den geoelektrischen Messungen abzuleiten. Weitere Untersuchungen müssen jedoch zeigen, welche Möglichkeiten und Grenzen zur Erkundung des Aufbaues, speziell im Fall von heterogenen Altdeichen mit Dichtungselementen, durch geoelektrische Messungen (spezielle Wahl der Elektrodenkonfiguration) in Kombination mit 3D-Inversion unter Berücksichtigung der Topographie zur Verfügung stehen.

Literatur

- [1] Brauns, J. und Bieberstein, A. (2002). Technischer Hochwasserschutz - Erfordernisse aus geotechnischer Sicht, Geotechnik, 25(4):239-248.
- [2] Hahn-Weishaupt, A. und Trömmel, H. P. (2003). Historischer Deichbau im Oderbruch. Wasser und Boden, 55(6):15-18.
- [3] Hennig, T., Weller, A., and Canh, T. (2005). The effect of dike geometry on different resistivity configurations. Journal of Applied Geophysics, 57(4):278-292.
- [4] Kupfer, K., Bieberstein, A., Scheuermann, A., Wagner, N. (2005). Bewertung und Prognose der Standsicherheit von Hochwasserschutzdeichen durch Monitoring mittels Time Domain Reflectometry. RIMAX - Kick Off Meeting, GFZ Potsdam
- [5] Rücker, C. und Günther, T. (2005). Drei-Gitter-Technik zur 3D-Inversion geoelektrischer Gleichstrommessungen mit beliebiger Topographie. 65. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Graz.